

10/541062

Rec'd PCT/PPO 29 JUN 2005  
PCT/NL 03/00897

KONINKRIJK DER



NEDERLANDEN

Bureau voor de Industriële Eigendom



RECEIVED

03 FEB 2004

WIPO PCT

Hierbij wordt verklaard, dat in Nederland op 17 januari 2003 onder nummer 1022414,  
ten name van:

**DSM N.V.**

te Heerlen

een aanvraag om octrooi werd ingediend voor:

"Werkwijze voor het onttrekken van energie uit rookgassen",

en dat de hieraan gehechte stukken overeenstemmen met de oorspronkelijk ingediende stukken.

Rijswijk, 9 januari 2004

De Directeur van het Bureau voor de Industriële Eigendom,  
voor deze,

A handwritten signature in black ink.

Mw. M.M. Enhus

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

1022414

B. v.d. I.E.

20 JAN. 2003

UITTREKSEL

De uitvinding betreft een werkwijze voor het onttrekken van energie uit rookgassen van een oven welke met een brandstof wordt bedreven en welke  
5 gebruikt wordt in een proces voor de bereiding van melamine, waarbij de werkwijze een eerste warmtewisselingsstap omvat waarin de rookgassen in warmtewisseling met een eerste processtroom worden gebracht, en waarin de rookgassen in een tweede warmtewisselingsstap in warmtewisseling met een tweede processtroom worden gebracht.

102414

B. v.d. I.E.

20 JAN. 2003

WERKWIJZE VOOR HET ONTTREKKEN VAN ENERGIE UIT ROOKGASSEN

5

De uitvinding heeft betrekking op een werkwijze voor het onttrekken van energie uit rookgassen van een oven welke met een brandstof wordt bedreven en welke gebruikt wordt in een proces voor de bereiding van melamine, waarbij de werkwijze een eerste warmtewisselingsstap omvat waarin de rookgassen in

10 warmtewisseling met een eerste processtroom worden gebracht.

Een dergelijke werkwijze is bekend, en wordt in vele processen voor de bereiding van melamine toegepast. In de bekende werkwijze is de oven een zoutoven. Verse lucht en aardgas als brandstof worden aangevoerd aan branders. Bij de verbranding van aardgas met de verse lucht worden rookgassen gevormd. De 15 rookgassen worden in de eerste warmtewisselingsstap in warmtewisseling met een eerste processtroom, zijnde gesmolten zout, gebracht. Teneinde een hoger energierendement te bereiken wordt in de bekende werkwijze additioneel energie uit de rookgassen onttrokken door middel van warmtewisseling met verse lucht; de opgewarmde lucht wordt daarna aan de branders van de oven toegevoerd. Door de 20 genoemde warmtewisseling met verse lucht stijgt het totale energierendement tot ongeveer 90%. Energierendement is gedefinieerd als het percentage van de bij de verbranding van brandstof vrijkomende energie dat door een bepaalde stroom of stromen of door een totaal van stromen wordt opgenomen.

De bekende werkwijze heeft als nadeel dat de toevoer van de 25 opgewarmde lucht aan de oven tot een verhoogde NO<sub>x</sub> emissie leidt in vergelijking tot een oven waarin de verse lucht niet wordt voorverwarmd. De verhoging van de NO<sub>x</sub> emissie als gevolg van opgewarmde verse lucht wordt bij alle typen branders waargenomen. De ongewenste verhoging van de NO<sub>x</sub> emissie kan weliswaar worden beperkt door een deel van de rookgassen af te scheiden, samen te voegen met verse 30 lucht en zo een mengsel van verse lucht en gerecirculeerde rookgassen op te warmen en aan de branders van de oven toe te voeren. Desondanks blijft de NO<sub>x</sub> emissie ongewenst hoog; de NO<sub>x</sub> emissie in de rookgassen van de bekende werkwijze is in het algemeen 110 mg/Nm<sup>3</sup> of hoger. De eenheid Nm<sup>3</sup> staat zoals bekend voor het volume van een gas bij genormaliseerde condities van druk en temperatuur. Deze condities 35 zijn 273K en 0,1013 MPa.

Het is het doel van de onderhavige uitvinding om genoemd nadeel te verminderen, waarbij toch een hoger energierendement wordt gehaald dan het energierendement van genoemde warmtewisseling met gesmolten zout.

- Genoemd doel wordt bereikt doordat dat de rookgassen in een  
5 tweede warmtewisselingsstap in warmtewisseling met een tweede processtroom worden gebracht.

Een voordeel van de werkwijze volgens de uitvinding is dat de NO<sub>x</sub> emissie daalt ten opzichte van de bekende werkwijze, terwijl de combinatie van de eerste met de tweede warmtewisselingsstap ertoe leidt dat toch met een hoog  
10 rendement energie aan de rookgassen wordt onttrokken.

Met een oven wordt hier een oven bedoeld welke in hoofdzaak met behulp van verbranding wordt verwarmd; de brandstoffen zullen in de praktijk veelal aardgas of olie zijn, ofschoon de werkwijze volgens de uitvinding zich hiertoe niet beperkt.

15 De oven wordt gebruikt in een proces voor de bereiding van melamine. Met het gebruiken wordt bedoeld dat de energie die in de oven vrijkomt wordt toegepast als proceswarmte. Een voorbeeld van een toepassing van proceswarmte is het verwarmen van de reactor waar melamine uit ureum wordt bereid in een endotherme reactie.

20 Met een proces voor de bereiding van melamine wordt hier elk mogelijk proces bedoeld. Voorbeelden van bekende processen voor de bereiding van melamine zijn beschreven in bijvoorbeeld Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Sixth Edition, 2001, Chapter 'Melamine and Guanamines', section 4.

25 Met rookgassen worden hier bedoeld verbrandingsgassen, als gevolg van verbranding van een brandstof zoals bijvoorbeeld aardgas of olie. De rookgassen hebben een hoge temperatuur, veelal van 600°C tot 800°C à 1000°C, of zelfs tot 1200°C of hoger.

De wijze van uitvoering van de warmtewisseling welke in de eerste of tweede warmtewisselingsstappen volgens de uitvinding wordt uitgevoerd, is op zich bekend, zoals bijvoorbeeld in een warmtewisselaar. De warmtewisseling kan direct zijn; hiermee wordt bedoeld dat de rookgassen via hooguit een vaste wand in warmtewisseling zijn met de te verwarmen processtroom. De warmtewisseling kan ook indirect zijn; hiermee bedoeld dat de rookgassen in warmtewisseling zijn met een warmtedragend medium, waarna het warmtedragend medium in een separate  
30 warmtewisselingsstap in warmtewisseling met de te verwarmen processtroom wordt  
35 warmtewisselingsstap in warmtewisseling met de te verwarmen processtroom wordt

gebracht. Voorbeelden van warmtedragende media zijn gesmolten zout, Dowtherm®, en stoom.

Met een processtroom wordt hier bedoeld een stroom welke wordt gebruikt of verbruikt in een proces voor de bereiding van melamine. Voorbeelden van een processtroom zijn: grondstofstromen zoals ureum; hulpstromen zoals bijvoorbeeld ammoniak, lucht in een pneumatisch transportsysteem, gesmolten zout, Dowtherm, stoom, ketelvoedingswater; reactor-effluent en alle vervolgstromen daarop zoals afgassen, melamineslurry, natte melaminekristallen; nevenstromen zoals moederloog. Verse lucht ten behoeve van de verbranding in de oven valt niet onder de definitie van een processtroom. De eerste en de tweede processtroom zoals bedoeld in de werkwijze volgens de uitvinding zullen over het algemeen twee verschillende processtromen zijn, echter het kan ook dezelfde stroom betreffen.

Teneinde een hoog energierendement uit genoemde eerste en tweede warmtewisselingsstappen te behalen zal het veelal nodig zijn de rookgassen tot een relatief lage temperatuur, bijvoorbeeld tot 350°C à 300°C of lager zoals 250°C of zelfs tot 200°C of lager te koelen. Dit kan met behulp van op zich bekende technieken bereikt worden. Een voorbeeld hiervan is een combinatie van opeenvolgende warmtewisselingsstappen waarbij elke volgende warmtewisselingsstap energie levert aan een processtroom op een lager temperatuurniveau. Een voorbeeld van een dergelijke combinatie van warmtewisselingsstappen is: het in de eerste warmtewisselingsstap opwarmen van gesmolten zout van ongeveer 420°C tot ongeveer 450°C, gevolgd door het in de tweede warmtewisselingsstap opwarmen van ammoniak van ongeveer 150°C tot ongeveer 400°C. Een ander voorbeeld van een dergelijke combinatie van de eerste en de tweede warmtewisselingsstappen is: het opwarmen van gesmolten zout van ongeveer 420°C tot ongeveer 450°C, gevolgd door het opwarmen van Dowtherm van 200°C tot 350°C. Een verder voorbeeld van een dergelijke combinatie van de eerste en de tweede warmtewisselingsstappen is: het opwarmen van ammoniak van ongeveer 250°C tot ongeveer 450°C, gevolgd door het opwarmen van ureum van ongeveer 135°C tot ongeveer 250°C. Door het kiezen van de juiste combinatie van warmtewisselingsstappen, in samenhang met het kiezen van de juiste uitvoeringsvormen van de warmtewisselingsstappen, bijvoorbeeld door middel van warmtewisseling in tegenstroom in plaats van meestroom, kan de temperatuur van de rookgassen zodanig dalen dat daardoor het energierendement in de werkwijze volgens de uitvinding hoger is dan 85%, bij voorkeur hoger dan 88%, met meer voorkeur hoger dan 90%, met nog meer voorkeur hoger dan 92%, met de meeste

voordeur hoger dan 94%. Een energierendement tot 99.5% zal mogelijk zijn, echter veel inspanning vergen; een rendement tot 99% of 97% of 96% zal daarom in de praktijk vaker geaccepteerd worden.

De NO<sub>x</sub> emissie in de werkwijze volgens de uitvinding daalt ten 5 opzichte van de bekende werkwijze; de emissie kan dalen tot beneden 100 mg/Nm<sup>3</sup>, bij voorkeur tot beneden 95 mg/Nm<sup>3</sup>, met meer voorkeur tot beneden 90 mg/Nm<sup>3</sup>, met de meeste voorkeur tot beneden 85 mg/Nm<sup>3</sup>, gemeten volgens Artikel 4 van het 'Besluit emissie-eisen stookinstallaties milieubeheer A', ook bekend als BEES (versie geldig vanaf 23-11-2000, Staatsblad 2000, 443). Teneinde genoemde emissiewaarden te 10 bereiken kan het nodig zijn om, naast het implementeren van de werkwijze volgens de uitvinding, de constructie in het algemeen en branders in het bijzonder te optimaliseren voor wat betreft NO<sub>x</sub> emissie, op een voor de vakman op zich bekende wijze.

De hiervoor genoemde emissiewaarden impliceren niet dat het voorverwarmen van verse lucht met behulp van warmtewisseling met rookgassen, 15 zoals in de bekende werkwijze wordt gedaan, in het geheel niet meer mogelijk is in de werkwijze volgens de uitvinding. Het is immers van voordeel indien er naast de energie-onttrekking in de eerste en de tweede warmtewisselingsstap volgens de uitvinding nog een mogelijkheid is voor een verdere energie-onttrekking. Bij voorkeur omvat de werkwijze volgens de uitvinding dan ook een derde warmtewisselingsstap 20 van de rookgassen met verse lucht; bij voorkeur is hierbij de NO<sub>x</sub> emissie in de rookgassen minder dan 100 mg/Nm<sup>3</sup>. Wel brengt het voldoen aan bepaalde emissiewaarden met zich mee dat het voorverwarmen van verse lucht met behulp van de rookgassen zodanig beperkt moet worden dat de gestelde emissie-waarden niet worden overschreden. Dit kan bereikt worden door de temperatuursverhoging van de 25 verse lucht te beperken. Dit kan ertoe leiden dat het nodig is het energierendement als gevolg van het voorverwarmen van verse lucht tot minder dan 15% of 10%, bij voorkeur minder dan 8% of 6%, of tot minder dan 5% of 4% te beperken. Het kan in dit geval, maar ook indien het voorverwarmen van verse lucht niet wordt toegepast, daarnaast van voordeel zijn om, als in de bekende werkwijze, een deel van de 30 rookgassen af te scheiden, te mengen met verse lucht om zo een mengsel van verse lucht en gerecirculeerde rookgassen aan de branders toe te voeren.

Het voorverwarmen van de verse lucht middels de derde warmtewisselingsstap met de rookgassen kan voor, tijdens of na de eerste of de tweede warmtewisselingsstap met de eerste en de tweede processtroom gedaan 35 worden. Indien het voorverwarmen van de verse lucht voorafgaand aan de eerste of de

tweede warmtewisselingsstap wordt uitgevoerd, is het van belang om nauwkeurig te controleren dat het energierendement en NO<sub>x</sub> emissie binnen de grenzen zoals hierboven aangegeven blijven. Bij voorkeur wordt daarom het voorverwarmen van de verse lucht tijdens of na de eerste of de tweede warmtewisselingsstap gedaan, met de 5 meeste voorkeur na de tweede warmtewisselingsstap.

De oven is bij voorkeur een zoutoven. Met een zoutoven wordt hier een oven bedoeld waarin zout via de eerste warmtewisselingsstap wordt gesmolten, indien dat nog niet het geval was, en wordt opgewarmd, waarna het gesmolten zout dient voor het leveren van proceswarmte in een proces voor de bereiding van 10 melamine, zodat hier sprake is van een indirecte warmtewisseling. Dergelijke zoutovens zijn op zich bekend. In zoutovens welke in een proces voor de bereiding van melamine worden ingezet komt het gesmolten zout vanuit het proces de oven veelal binnen met een temperatuur tussen 400°C en 440°C, teneinde opgewarmd te worden tot 450°C of hoger. Dit brengt met zich mee dat de rookgassen na de warmtewisseling 15 met het gesmolten zout veelal nog een temperatuur van ongeveer 400°C of hoger zullen hebben; deze temperatuur is dan de ingangstemperatuur voor de tweede warmtewisselingsstap.

In een voorkeursuitvoering omvat de werkwijze volgens de uitvinding een eerste warmtewisselingsstap met gesmolten zout, gevolgd door een tweede 20 directe warmtewisselingsstap met een processtroom welke in hoofdzaak uit ammoniak bestaat. Ammoniak wordt zoals bekend op diverse plaatsen in processen voor de bereiding van melamine gebruikt en/of verbruikt. In een deel van deze plaatsen is het nodig dat de ammoniak een hoge temperatuur heeft van boven 300°C, vaak ongeveer 350°C tot 400°C of hoger tot ongeveer 450°C. Voorbeelden hiervan zijn het gebruik 25 van ammoniak als fluïdisatiegas in de reactor van een gasfaseproces voor de bereiding van melamine, of het gebruik van ammoniak in de reactor van een hogedruk vloeistoffaseproces. Om ammoniak in temperatuur te verhogen tot genoemde waarden is het in de praktijk niet toereikend om een warmtewisseling met stoom toe te passen, aangezien de ammoniak in een warmtewisseling met industrieel beschikbaar stoom in 30 het algemeen tot niet hoger dan 200°C à 250°C verwarmd kan worden. Dit betekent dat de ammoniak nog verder in temperatuur moet worden verhoogd met behulp van een andere methode; voorbeelden van bekende andere methodes zijn het elektrisch verwarmen van de leidingen waardoor de te verwarmen ammoniak stroomt, of het gebruik van een warmtewisselingsstap met gesmolten zout. Genoemde bekende 35 werkwijzen om ammoniak verder in temperatuur te verhogen tot genoemde waarden

zijn technisch ingewikkeld en indirect en daarmee van relatief laag rendement. Een voordeel van de werkwijze volgens de uitvinding is dat door de warmtewisseling tussen de rookgassen en ammoniak in de tweede warmtewisselingsstap een directe en efficiënte, energiebesparende, technisch eenvoudige en economisch gunstige

- 5 temperatuursverhoging van ammoniak tot 300°C à 400°C of meer mogelijk is. De te verwarmen ammoniak kan gasvormig, vloeibaar of in superkritische toestand zijn. Bij voorkeur is de te verwarmen ammoniak vloeibaar of in superkritische toestand, omdat warmtewisseling naar een vloeibaar of superkritisch medium technisch eenvoudiger te realiseren is dan warmtewisseling naar een gasvormig medium.

10 In een andere voorkeursuitvoering omvat de werkwijze volgens de uitvinding een eerste warmtewisselingsstap met gesmolten zout, gevolgd door een tweede directe warmtewisselingsstap met een processtroom welke in hoofdzaak uit ureum bestaat. Het is bekend uit hoge-druk processen voor de bereiding van melamine dat het verwarmen van ureum gedaan kan worden door het ureum in direct contact te brengen met gassen welke bij de reactie van ureum naar melamine vrijkomen en welke veelal uiteindelijk teruggevoerd worden naar een proces voor de bereiding van ureum. Echter, er kan daarnaast nog behoeftte zijn aan een additionele werkwijze voor de verwarming van ureum, bijvoorbeeld in een niet-stationaire toestand van de fabriek zoals bij het opstarten; tevens is de bekende werkwijze niet algemeen toepasbaar in lagedruk processen voor de bereiding van melamine. Het is daarom van voordeel wanneer ureum als processtroom in de werkwijze volgens de uitvinding wordt gebruikt.

15 De industriële toepasbaarheid van de werkwijze volgens de uitvinding ligt onder andere bij, in de praktijk veel gebruikte, zoutovens. De uitvinding heeft daarom ook betrekking op een inrichting voor het leveren van proceswarmte in een proces voor de bereiding van melamine, bevattende een zoutoven welke een warmtewisselingseenheid bevat waarin zout wordt verwarmd; hierin wordt de eerste warmtewisselingsstap uitgevoerd. De inrichting volgens de uitvinding bevat ten minste één verdere warmtewisselingseenheid welke direct of indirect een processtroom verwarmt: hierin wordt de tweede warmtewisselingsstap uitgevoerd. De aanwezigheid 20 van de ten minste één verdere warmtewisselingseenheid welke een processtroom verwarmt draagt bij tot het halen van een energierendement van 85% of meer, zonder hiervoor gebruik te moeten maken van het voorverwarmen van verse lucht. Bij voorkeur is de verdere warmtewisselingseenheid een warmtewisselingseenheid voor de directe verwarming van ammoniak of ureum. Daarnaast heeft het de voorkeur om, 25 met inachtneming van de NO<sub>x</sub> emissie eisen zoals eerder genoemd, de inrichting 30 35

verder te voorzien van een warmtewisselingseenheid voor het verwarmen van verse lucht; hierin wordt de derde warmtewisselingsstap uitgevoerd.

De industriële toepasbaarheid van de werkwijze volgens de uitvinding

ligt verder ook bij het optimaliseren van een bestaande inrichting voor het leveren van

- 5 proceswarmte in een proces voor de bereiding van melamine. De toepassing van de werkwijze volgens de uitvinding kan in een bestaande inrichting worden gerealiseerd door het bijplaatsen van ten minste één warmtewisselingseenheid voor de directe of indirekte verwarming van een processtroom. Het bijplaatsen van de ten minste één verdere warmtewisselingseenheid welke een processtroom verwarmd draagt bij tot het halen van een energierendement van 85% of meer zonder hiervoor te moeten
- 10 vertrouwen op het voorverwarmen van verse lucht. Bij voorkeur wordt dan de bijgeplaatste warmtewisselingseenheid gebruikt voor de directe verwarming van een processtroom welke in hoofdzaak uit ammoniak of ureum bestaat. Indien de bestaande inrichting een warmtewisselingseenheid voor het voorverwarmen van verse lucht
- 15 bevat, wordt de bijgeplaatste warmtewisselingseenheid bij voorkeur zodanig geplaatst dat de rookgassen eerst door de bijgeplaatste warmtewisselingseenheid gaan voordat de rookgassen verse lucht voorverwarmen. Aangezien de verse lucht minder energie onttrekt en dus minder wordt voorverwarmd zal de NO<sub>x</sub> emissie van de bestaande inrichting dalen, waarbij de uiteindelijk bereikte emissiewaarde afhankelijk is van de specifieke omstandigheden van de bestaande inrichting.
- 20

Het is in de praktijk vaak gewenst dat een processtroom, zoals een warmtedragend medium of een hulpstroom zoals ammoniak, tegelijkertijd op meerdere temperatuursniveaus beschikbaar is. Aangezien de warmtewisselingsstappen met een processtroom gedimensioneerd moeten zijn om het hoogst gewenste

- 25 temperatuurniveau aan het proces voor de bereiding van melamine te leveren, is er dus behoefte om te voorzien in een mogelijkheid om die processtroom ook op een lager temperatuurniveau aan het proces voor de bereiding van melamine te leveren. In een voorkeursuitvoering van de werkwijze volgens de uitvinding wordt daarom een vierde warmtewisselingsstap toegepast, waarin een processtroom in warmtewisseling
- 30 wordt gebracht met de rookgassen, waarbij de processtroom welke aan de vierde warmtewisselingsstap wordt toegevoerd een hogere temperatuur heeft dan de rookgassen welke aan de vierde warmtewisselingsstap worden toegevoerd. Een voorbeeld van een dergelijke vierde warmtewisselingsstap is: het eerst afscheiden van een deel van een stroom gesmolten zout welke aan de eerste warmtewisselingsstap
- 35 wordt toegevoerd of eruit wordt afgevoerd, gevolgd door het aan de vierde

warmtewisselingsstap toevoeren van de afgescheiden stroom gesmolten zout, waarbij de rookgassen als gevolg van de tweede en eventueel de derde warmtewisselingsstap zodanig in temperatuur zijn gedaald dat de rookgassen in de vierde warmtewisselingsstap worden opgewarmd en het gesmolten zout wordt afgekoeld.

- 5                   Een voordeel van deze vierde warmtewisselingsstap, welke ertoe leidt dat de rookgassen weer enigszins worden opgewarmd, is dat condensvorming bij de uiteindelijke uitstoot van de rookgassen kan worden voorkomen. Een verder voordeel is dat de constructie van de eenheid waarin deze separate vierde warmtewisselingsstap wordt uitgevoerd eenvoudiger is dan wanneer het  
10          warmtedragend medium tijdens de eerste of de tweede warmtewisseling met de rookgassen moet worden afgevoerd.

In de werkwijze volgens de uitvinding is het goed mogelijk om naast bovengenoemde warmtewisselingsstappen nog een vijfde of verdere warmtewisselingsstap met een processtroom te introduceren. Dit zal afhangen van de  
15          specifieke omstandigheden van het geval, zoals bijvoorbeeld de aanwezigheid en opwarmbehoefte van de aanwezige processtromen. Tevens is een uitvoeringsvorm mogelijk welke niet de derde warmtewisselingsstap bevat.

De uitvinding wordt toegelicht aan de hand van de hierna beschreven tekeningen.

- 20               In de tekeningen geeft Figuur 1 een uitvoeringsvorm van de stand der techniek weer, waarin een brandstof en verse lucht aan een brander toegevoerd worden; de rookgassen worden achtereenvolgens met gesmolten zout en met de verse lucht in warmtewisseling gebracht;

Figuur 2 een uitvoeringsvorm volgens de uitvinding, waarin de  
25          rookgassen twee warmtewisselingsstappen met processtromen doorlopen voordat een warmtewisseling met verse lucht wordt toegepast;

Figuur 3 een uitvoeringsvorm volgens de uitvinding, waarin de  
rookgassen, nadat zij in warmtewisseling met gesmolten zout, een processtroom en  
met verse lucht zijn gebracht, weer enigszins worden opgewarmd door een  
30          warmtewisseling met een deel van het gesmolten zout.

Het eerste cijfer van de nummers in de figuren is hetzelfde als het nummer van het figuur. Indien de laatste twee cijfers van de nummers van verschillende figuren overeenkomen, betreft het een zelfde onderdeel.

- In Fig. 1 wordt aardgas via leiding 102 aan brander 104 toegevoerd,  
35          waar het aardgas met behulp van verbrandingslucht, welke via 106 wordt aangevoerd,

wordt verbrand. Hierbij worden rookgassen gevormd. De rookgassen worden via kanaal 108 naar warmtewisselaar 110 geleid, waar de rookgassen in warmtewisseling worden gebracht met gesmolten zout dat via leiding 112 wordt aangevoerd en, eenmaal opgewarmd, via leiding 114 wordt afgevoerd. De rookgassen worden  
5 vervolgens via kanaal 116 aan warmtewisselaar 118 toegevoerd, waar de rookgassen in warmtewisseling met verse lucht worden gebracht. De verse lucht wordt via leiding 120 aangevoerd, en, na opwarming, via 106 als verbrandingslucht naar brander 104 afgevoerd. De rookgassen worden via kanaal 122 afgevoerd. Teneinde een NO<sub>x</sub> reductie in de rookgassen te bereiken wordt een deel van de rookgassen via 124 gerecirkuleerd door ver menging met de verse lucht welke via 120 wordt aangevoerd.  
10

In Fig. 2 worden, ten opzichte van Fig. 1, de rookgassen na de warmtewisseling met een processtroom (zoals bijvoorbeeld gesmolten zout) in 210 niet direct naar een warmtewisseling met verse lucht geleid maar eerst via kanaal 226 aan warmtewisselaar 228 toegevoerd. In 228 worden de rookgassen opnieuw in  
15 warmtewisseling gebracht met een processtroom (bijvoorbeeld superkritische ammoniak), welke via leiding 230 wordt aangevoerd en, na opwarming, via leiding 232 wordt afgevoerd. Daarna worden de rookgassen via kanaal 234 aan warmtewisselaar 218 toegevoerd.

In Fig. 3 worden, ten opzichte van Fig. 2, de rookgassen na de warmtewisseling met verse lucht in 318 via kanaal 322 aan warmtewisselaar 336 toegevoerd; hierin worden de rookgassen in warmtewisseling gebracht met een deel van de processtroom welke via 314 was afgevoerd; deze deelstroom wordt via leiding 338 aangevoerd. Als gevolg van de warmtewisseling in 336 zullen de rookgassen weer enigszins opwarmen, en zal de processtroom enigszins afkoelen. De afgekoelde processtroom wordt via 340 afgevoerd; de rookgassen via kanaal 342.  
20  
25

De uitvinding wordt nader toegelicht met behulp van een voorbeeld en een vergelijkend experiment.

#### Voorbeeld I

Een inrichting volgens Fig. 2 waarin de werkwijze volgens de uitvinding wordt toegepast omvat een zoutoven. De eerste warmtewisselingsstap van de rookgassen wordt uitgevoerd met gesmolten zout, in warmtewisselaar 210; de tweede warmtewisselingstap met ammoniak in gasvormige toestand, in warmtewisselaar 228; de derde warmtewisselingsstap van de rookgassen wordt met  
30

verse lucht uitgevoerd, in warmtewisselaar 218. Een deel van de rookgassen wordt afgescheiden en via 224 gemengd met de verse lucht.

- De zoutoven wordt verwarmd door middel van verbranding, in brander 204, van 1625 Nm<sup>3</sup>/h aardgas met een mengsel van ongeveer 90 vol.% verse lucht en ongeveer 10 vol.% gerecirkuleerde rookgassen met een totaalvolume van 20850 Nm<sup>3</sup>/h. Het gesmolten zout, ongeveer 500 m<sup>3</sup>/h, wordt opgewarmd van 414°C in leiding 212 naar 450°C in leiding 214. De gasvormige ammoniak, ongeveer 22500 kg/h, wordt opgewarmd van 210°C in leiding 230 naar 250°C in leiding 232. Het mengsel van verse lucht en gerecirkuleerde rookgassen wordt in warmtewisselaar 218 opgewarmd van 32°C naar 158°C. De rookgassen die uiteindelijk via 222 worden uitgestoten hebben een temperatuur van 220°C.

Het totale energierendement is 91%; de NO<sub>x</sub> emissie is 80 mg/Nm<sup>3</sup>.

#### Vergelijkend Experiment

- Een inrichting volgens de stand der techniek, zie Fig. 1, omvat een zoutoven. Een warmtewisseling van de rookgassen met gesmolten zout wordt uitgevoerd in warmtewisselaar 110. Er vindt geen verdere directe of indirect warmtewisseling met een processtroom plaats. Wel worden de rookgassen tenslotte nog in warmtewisseling met verse lucht gebracht, in warmtewisselaar 118. Een deel van de rookgassen wordt afgescheiden en via 124 gemengd met de verse lucht.

De zoutoven wordt verwarmd door middel van verbranding, in brander 104, van 1625 Nm<sup>3</sup>/h aardgas met een mengsel van ongeveer 90 vol.% verse lucht en ongeveer 10 vol.% gerecirkuleerde rookgassen met een totaalvolume van 20850 Nm<sup>3</sup>/h. Het gesmolten zout, ongeveer 500 m<sup>3</sup>/h, wordt opgewarmd van 414°C in 112 naar 450°C in 114. Het mengsel van verse lucht en gerecirkuleerde rookgassen wordt opgewarmd van 47°C in 120 naar 398°C in 106. De rookgassen die uiteindelijk via 122 worden uitgestoten hebben een temperatuur van 125°C.

Het totale energierendement is 93%; hierbij moet rekening gehouden worden met het feit dat in de inrichting volgens de stand der techniek geen stroom middels ammoniak is opgewarmd zoals in Voorbeeld I; hiertoe zal een separate warmtewisseling in het proces voor de bereiding van melamine nodig zijn, bijvoorbeeld middels stroom of middels het electrisch verwarmen van de leiding waardoor de te verwarmen ammoniak stroomt, hetgeen het rendement zoals hier gegeven negatief beïnvloedt. Tevens geldt dat in deze uitvoeringsvorm de rookgassen tot een lagere

temperatuur worden afgekoeld, hetgeen ook tot een hoger rendement leidt. De NO<sub>x</sub> emissie is 100 mg/Nm<sup>3</sup>.

Zoals uit Voorbeeld I en het vergelijkend experiment blijkt, is met de werkwijze volgens de uitvinding een hoog energierendement te combineren met een  
5 lage NO<sub>x</sub> emissie.

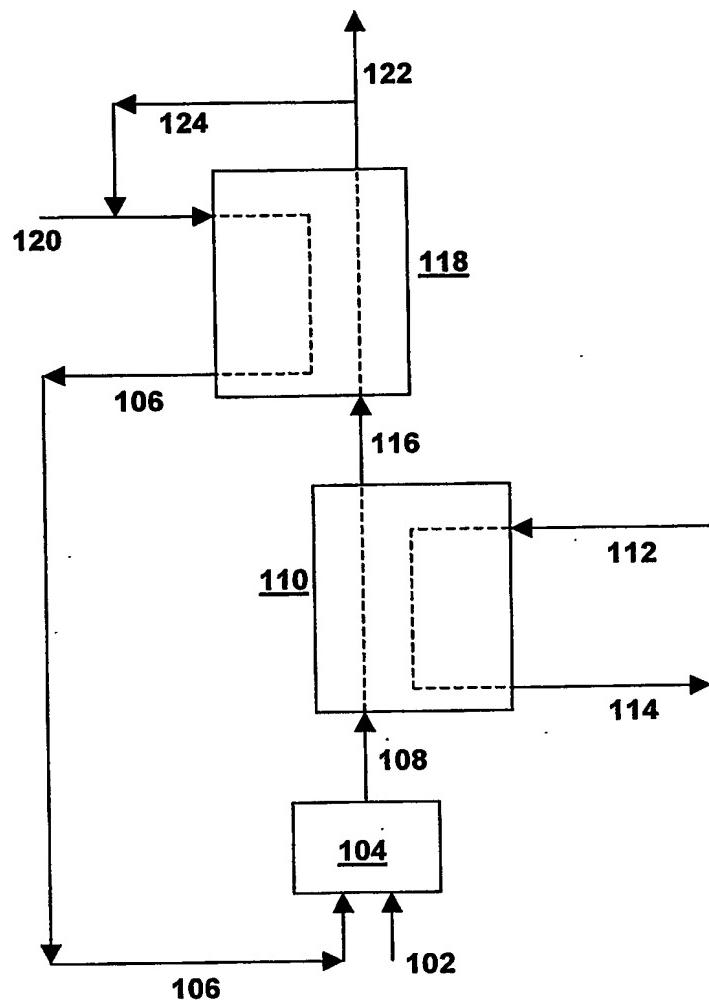
### CONCLUSIES

1. Werkwijze voor het onttrekken van energie uit rookgassen van een oven welke met een brandstof wordt bedreven en welke gebruikt wordt in een proces voor de bereiding van melamine, waarbij de werkwijze een eerste warmtewisselingsstap omvat waarin de rookgassen in warmtewisseling met een eerste processtroom worden gebracht, met het kenmerk dat de rookgassen in een tweede warmtewisselingsstap in warmtewisseling met een tweede processtroom worden gebracht.
5. Werkwijze volgens conclusie 1, verder omvattende een derde warmtewisselingsstap waarin de rookgassen in warmtewisseling worden gebracht met verse lucht.
10. Werkwijze volgens conclusie 1 of 2, waarbij de oven een zoutoven is.
15. Werkwijze volgens conclusie 3, waarbij in de eerste warmtewisselingsstap de rookgassen in warmtewisseling met gesmolten zout worden gebracht, en waarbij in de tweede warmtewisselingsstap de rookgassen in warmtewisseling worden gebracht met een processtroom welke in hoofdzaak uit ammoniak bestaat.
20. Werkwijze volgens conclusie 3, waarbij in de eerste warmtewisselingsstap de rookgassen in warmtewisseling met gesmolten zout worden gebracht, en waarbij in de tweede warmtewisselingsstap de rookgassen in warmtewisseling worden gebracht met een processtroom welke in hoofdzaak uit ureum bestaat.
25. Werkwijze volgens conclusie 1 of 2, omvattende een vierde warmtewisselingsstap waarin een processtroom in warmtewisseling wordt gebracht met de rookgassen, waarbij de processtroom welke aan de vierde warmtewisselingsstap wordt toegevoerd een hogere temperatuur heeft dan de rookgassen welke aan de vierde warmtewisselingsstap worden toegevoerd.
30. Inrichting voor het leveren van proceswarmte in een proces voor de bereiding van melamine, bevattende een zoutoven welke een warmtewisselingseenheid bevat waarin zout wordt verwarmd, met het kenmerk dat de inrichting ten minste één verdere warmtewisselingseenheid bevat welke direct of indirect een processtroom verwarmt.
35. Inrichting volgens conclusie 6, welke als verdere warmtewisselingseenheid een warmtewisselingseenheid bevat voor de directe verwarming van een processtroom welke in hoofdzaak uit ammoniak of ureum bestaat.

9. Inrichting volgens conclusie 6 of 7, welke verder een warmtewisselingseenheid voor het verwarmen van verse lucht bevat.
10. Werkwijze voor het optimaliseren van een bestaande inrichting voor het leveren van proceswarmte uit rookgassen in een proces voor de bereiding van melamine, met het kenmerk dat ten minste één warmtewisselingseenheid voor de directe of indirecte verwarming van een processtroom wordt bijgeplaatst.  
5
11. Werkwijze volgens conclusie 9, waarin de bijgeplaatste warmtewisselingseenheid wordt gebruikt voor de directe verwarming van een processtroom welke in hoofdzaak uit ammoniak of ureum bestaat.

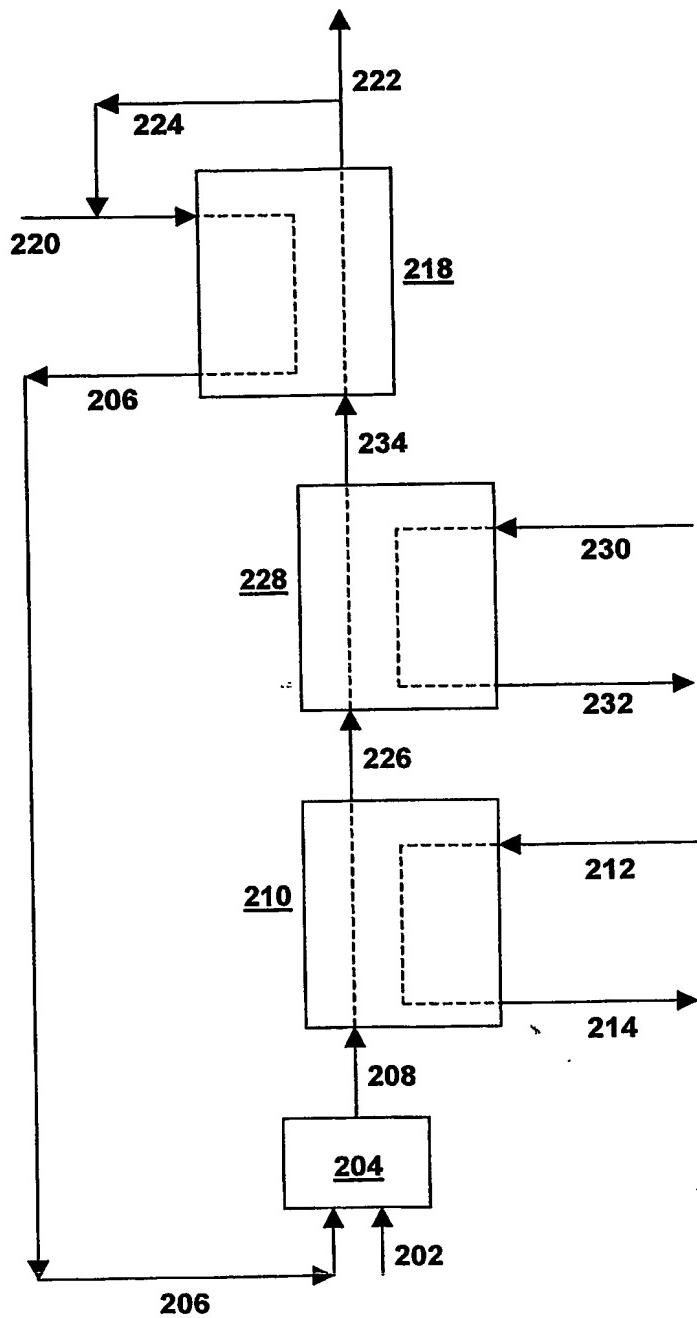
1022414

Figuur 1/3



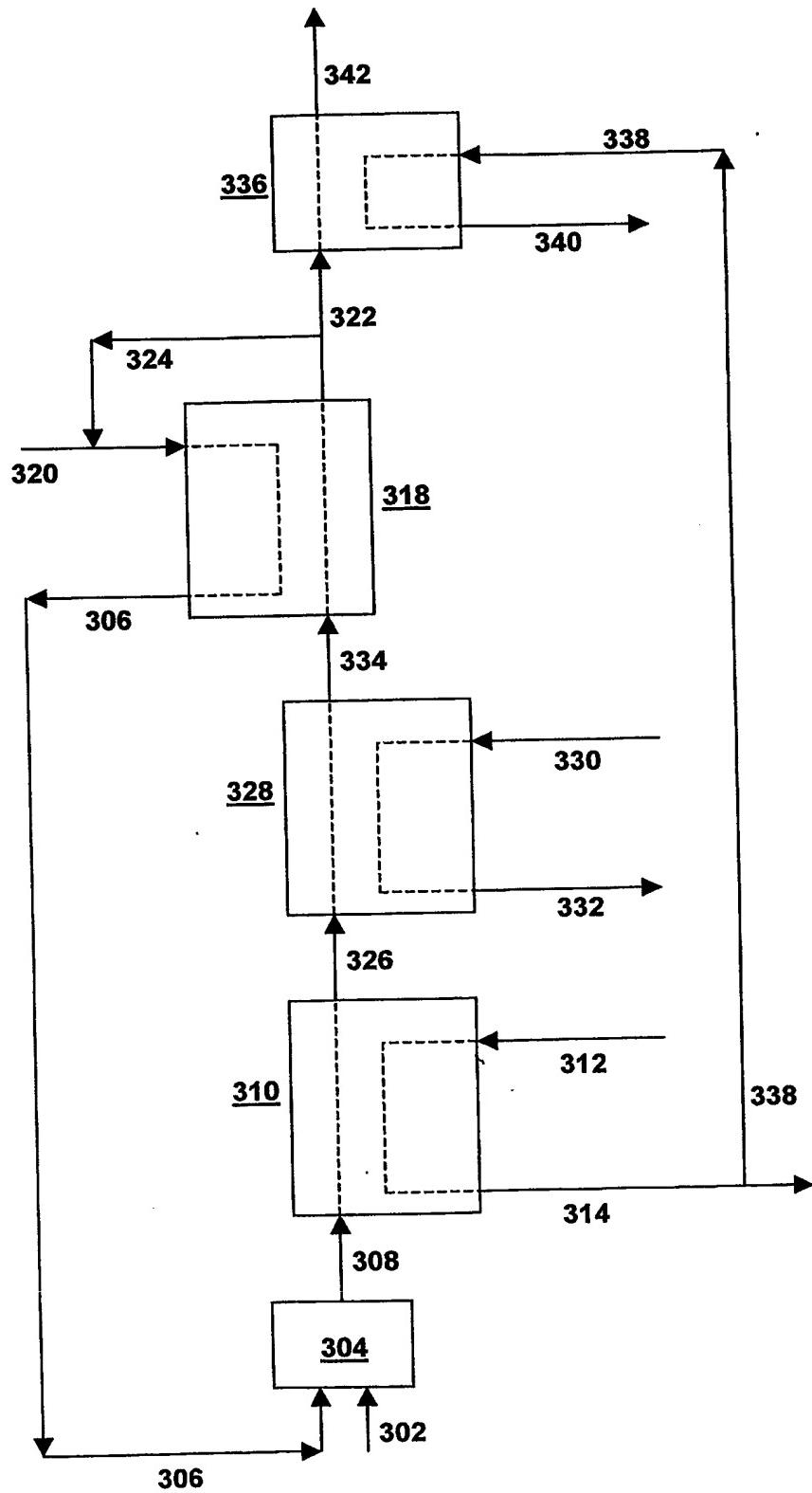
1022414

Figuur 2/3



in II b

Figuur 3/3



1022414